



Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

<b>TRANSMITTAL FORM</b>  (to be used for all correspondence after initial filing)	Application Number	10/797,381	
	Filing Date	March 10, 2004	
	First Named Inventor	Jorg-Reinhard Kropp	
	Art Unit		
	Examiner Name		
Total Number of Pages in This Submission	31	Attorney Docket Number	MAIKP125US

ENCLOSURES (Check all that apply)		
<input type="checkbox"/> Fee Transmittal Form	<input type="checkbox"/> Drawing(s)	<input type="checkbox"/> After Allowance Communication to Group
<input type="checkbox"/> Fee Attached	<input type="checkbox"/> Licensing-related Papers	<input type="checkbox"/> Appeal Communication to Board of Appeals and Interferences
<input type="checkbox"/> Amendment/Reply	<input type="checkbox"/> Petition	<input type="checkbox"/> Appeal Communication to Group (Appeal Notice, Brief, Reply Brief)
<input type="checkbox"/> After Final	<input type="checkbox"/> Petition to Convert to a Provisional Application	<input type="checkbox"/> Proprietary Information
<input type="checkbox"/> Affidavits/declaration(s)	<input type="checkbox"/> Power of Attorney, Revocation Change of Correspondence Address	<input type="checkbox"/> Status Letter
<input type="checkbox"/> Extension of Time Request	<input type="checkbox"/> Terminal Disclaimer	<input type="checkbox"/> Other Enclosure(s) (please Identify below):
<input type="checkbox"/> Express Abandonment Request	<input type="checkbox"/> Request for Refund	
<input type="checkbox"/> Information Disclosure Statement	<input type="checkbox"/> CD, Number of CD(s) _____	
<input checked="" type="checkbox"/> Certified Copy of Priority Document(s)	Remarks	
<input type="checkbox"/> Response to Missing Parts/ Incomplete Application		
<input type="checkbox"/> Response to Missing Parts under 37 CFR 1.52 or 1.53		
<b>SIGNATURE OF APPLICANT, ATTORNEY, OR AGENT</b>		
Firm or Individual	Thomas G. Eschweiler, Eschweiler & Associates, LLC National City Bank Building, 629 Euclid Avenue, Suite 1210 Cleveland, OH 44114	
Signature		
Date	April 5, 2004	

CERTIFICATE OF TRANSMISSION/MAILING			
I hereby certify that this correspondence is being facsimile transmitted to the USPTO or deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Washington, DC 20231 on this date: April 5, 2004			
Typed or printed	Christine Gillroy		
Signature		Date	April 5, 2004

This collection of information is required by 37 CFR 1.5. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, Washington, DC 20231. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, Washington, DC 20231.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 (1-800-786-9199) and select option 2.

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 11 570.6

**Anmeldetag:** 10. März 2003

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG,  
81669 München/DE

**Bezeichnung:** Bidirektionale Send- und Empfangseinrichtung

**IPC:** G 02 B, H 04 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. März 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Wallner

Beschreibung

Bezeichnung der Erfindung: Bidirektionale Sende- und Empfangseinrichtung.

5

Die Erfindung betrifft eine bidirektionale Sende- und Empfangseinrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

10

Es sind bidirektionale optische Module bekannt, welche auf einer Einmoden-Glasfaser in entgegengesetzter Richtung miteinander kommunizieren. Die Module bestehen aus einem Sendebau-  
element, einem Empfangsbau-  
element und einer optischen Anordnung, mit der die Strahlengänge überlagert bzw.  
aufgeteilt werden. Das vom Sendebau-  
element ausgesandte Licht  
weist in der Regel, jedoch nicht notwendigerweise, eine  
andere Wellenlänge als das vom Empfangsbau-  
element detektierte  
Licht auf. Beispielsweise emittiert das Sendebau-  
element Licht  
einer Wellenlänge von 1300 nm und detektiert das  
Empfangsbau-  
element Licht einer Wellenlänge von 1550 nm.

20

Ein Modul der genannten Art ist aus der WO 99/57594 A1 bekannt. Zur Teilung der Strahlenwege ist ein wellenlängenselektiv wirkender teildurchlässiger Spiegel vorgesehen, der unter einem Winkel von 45° im Strahlengang der Faser angeordnet ist und Licht einer Wellenlänge unter einem Winkel von 90° auskoppelt. Im Falle des Betriebs mit gleicher Wellenlänge wird statt eines wellenlängenselektiv wirkenden Spiegels ein teildurchlässiger Spiegel verwendet. Das bekannte bidirektionale Modul benötigt nachteilig eine  
relativ aufwendige optische und mechanische Aufbautechnik.

30

Im Automotiv-Bereich ist die Verwendung von Polymerfasern mit einem Durchmesser von 1 mm für eine bidirektionale Kommunikation mit gleicher Wellenlänge bekannt. Dabei werden  
bidirektionale Module mit einer relativ großen Empfangsdiode eingesetzt. Auf die Mitte der Empfangsdiode ist ein LED-Chip aufgesetzt. Durch den LED-Chip wird die Fotodiode zwar

35

teilweise abgeschattet, die Empfindlichkeit der Übertragungsqualität ist aber für Automotiv-Anwendungen ausreichend. Ein entsprechender Aufbau ist in der DE 100 64 599 A1 beschrieben.

5

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine bidirektionale Sende- und Empfangseinrichtung zur Verfügung zu stellen, die sich durch einen einfachen Aufbau auszeichnet und hierzu ohne die Verwendung von Interferenzfiltern und eines geknickten Strahlenganges auskommt. Anders als bei den aus dem Automotiv-Bereich bekannten Lösungen soll zusätzlich auch die Verwendung relativ kleiner Fotodioden möglich sein.

10

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine bidirektionale Sende- und Empfangseinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

15

Danach zeichnet sich die erfindungsgemäße Lösung dadurch aus, dass eine Koppeloptik mit zwei hintereinander angeordneten Abbildungssystemen eingesetzt wird. Das Sendebauelement und das Empfangsbauelement befinden sich in unterschiedlichen Ebenen. Das vom Sendebauelement ausgestrahlte Licht wird mittels des ersten Abbildungssystems in eine Zwischenebene abgebildet, in der sich das Empfangsbauelement befindet. Das vom Sendebauelement ausgestrahlte Licht durchstrahlt dabei das Empfangsbauelement oder passiert es seitlich. Mittels des zweiten Abbildungssystems wird zum einen das vom Sendebauelement ausgestrahlte Licht von der Zwischenebene auf die Stirnfläche des Lichtwellenleiters und zum anderen das vom Lichtwellenleiter abgestrahlte Licht auf die Empfangsfläche des Empfangsbauelementes abgebildet.

20

30

Das Licht des Sendebauelementes wird somit zunächst in eine Zwischenebene abgebildet, in der sich der Detektor für das zu detektierende Licht befindet. Die Detektorebene wird vom

35

Sendelicht von hinten durchstrahlt. Durch das zweite  
Abbildungssystem wird die Strahlung auf die Stirnfläche des  
Lichtwellenleiters abgebildet. In entgegengesetzter Richtung  
wird die aus dem Wellenleiter ausgetretene Strahlung durch  
5 das zweite Abbildungssystem auf den Detektor abgebildet.

Die erfindungsgemäße Lösung stellt eine bidirektionale Sende-  
und Empfangseinrichtung bereit, die ohne die Verwendung von  
Interferenzfiltern und einen geknickten Strahlengang  
10 auskommt. Sie geht von dem Gedanken aus, dass das vom  
Sendebauelement ausgesandte Licht durch das erste  
Abbildungssystem in der Zwischenebene fokussiert wird.  
Aufgrund dieser Fokussierung nimmt es in der Zwischenebene  
eine nur kleine Fläche in Anspruch, so dass das  
15 Empfangsbauelement in einem vergleichsweise kleinen  
Teilbereich durchstrahlt wird oder dieses derart ausgebildet  
sein kann, dass das Licht seitlich an dem Empfangsbauelement  
vorbeistrahlt. Dementsprechend liegt eine nur geringe  
Empfindlichkeitseinbuße des Empfangsbauelements vor. Aufgrund  
20 der Fokussierung kann das Empfangsbauelement auch relativ  
klein ausgebildet sein. Das Bild der Abstrahlfläche des  
Sendebauelements in der Ebene des Empfangsbauelements ist  
minimal, so dass seine Fläche auch bei kleinen  
Empfangsbauelementen im Verhältnis zur Empfangsfläche klein  
25 ist.

Des weiteren ermöglicht es die Erfindung, das Sendebauelement  
in einer gewünschten räumlichen Entfernung zum  
Empfangsbauelement anzuordnen. Es besteht somit eine hohe  
30 Flexibilität in der Anordnung von Sendebauelement und  
Empfangsbauelement zueinander.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung liegt die  
Bildebene für das abgebildete Licht von der Stirnfläche des  
35 Lichtwellenleiters in der gleichen Ebene wie die  
Zwischenebene des ersten Abbildungssystems. Hierdurch wird  
sichergestellt, dass die Abstrahlfläche des Sendebauelementes

möglichst punktförmig auf die Stirnfläche des Lichtwellenleiters abgebildet wird.

5 Dementsprechend ist in einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung vorgesehen, dass das vom Sendebau-  
element ausgestrahlte Licht in einen vergleichsweise kleinen Teilbereich der Stirnfläche des Lichtwellenleiters eingekoppelt wird, während das über die gesamte Stirnfläche des Lichtwellenleiters verteilte zu empfangende Licht auf die  
10 Empfangsfläche des Empfangsbau-  
elementes abgebildet wird.

Weiter ist bevorzugt vorgesehen, dass das Bild des Sendebau-  
elementes in der Zwischenebene innerhalb der durch das zweite Abbildungssystem abgebildeten Stirnfläche des  
15 Lichtwellenleiters liegt. Dementsprechend ist das Bild des Sendebau-  
elementes in der Zwischenebene auch kleiner als die Empfangsfläche des in der Zwischenebene angeordneten Empfangsbau-  
elementes. Bevorzugt ist das Bild des Senders in der Zwischenebene dabei deutlich kleiner als die  
20 Empfangsfläche des Empfangsbau-  
elementes. Es beträgt bevorzugt höchstens  $1/3$  der Empfangsfläche. Hierdurch wird gewährleistet, dass ein nur kleiner Bereich der Empfangsfläche des Empfangsbau-  
elementes für eine Detektion der zu detektierenden Strahlung insofern unbrauchbar ist, als  
25 durch diesen Bereich das vom Sendebau-  
element ausgesandte Licht strahlt.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Abbildungssysteme nicht notwendigerweise eine 1:1 Abbildung realisieren, sondern  
30 ebenfalls eine vergrößerte oder verkleinerte Abbildung bereitstellen können. Hierdurch ist es möglich, auch Sendebau-  
elemente mit relativ großen Abstrahlflächen auf einem vergleichsweise kleinen Bereich in der Zwischenebene abzubilden, so dass die Empfindlichkeit des  
35 Empfangsbau-  
elementes nur geringfügig reduziert wird. Ebenso ist es beispielsweise möglich, durch eine vergrößerte Abbildung des zweiten Abbildungssystems eine relativ kleine

Stirnfläche des Lichtwellenleiters auf eine größere Empfangsfläche des Empfangsbauelementes abzubilden, so dass wiederum der für die Detektion nicht nutzbare Bereich, durch den das vom Sendebauelement ausgestrahlte Licht strahlt, im Vergleich zur Empfangsfläche (aktiven Fläche) des Empfangsbauelements vergleichsweise klein ist und dementsprechend die Empfindlichkeit und Übertragungsqualität kaum reduziert sind.

10 In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung... weist das zweite Abbildungssystem eine diffraktive Linse auf, die Licht unterschiedlicher Wellenlängen unterschiedlich fokussiert. Dabei liegt die Zwischenebene, in die das Licht des Sendebauelementes abgebildet wird, für die ausgestrahlte Wellenlänge im Fokus der diffraktiven Linse, so dass vom Sendebauelement ausgestrahltes Licht auf einen kleinen Bereich der Stirnfläche des Lichtleiters abgebildet wird, während das Empfangsbauelement für die empfangene Wellenlänge außerhalb des Fokus der diffraktiven Linse liegt und vom Lichtwellenleiter abgestrahltes Licht der zweiten Wellenlänge in einem wieder aufgeweiteten oder noch nicht fokussierten Bereich erfasst. Da das Empfangsbauelement das zu detektierende Licht in einem nicht fokussierten Bereich erfasst, kann und muss die Detektionsfläche relativ großflächig ausgebildet sein. Der nicht nutzbare, vom Licht des Sendeelementes durchstrahlte Bereich ist dann im Vergleich zur gesamten Empfangsfläche vernachlässigbar klein.

Diese Ausführungsvariante stellt auch bei Lichtwellenleitern kleinen Durchmesser sicher, dass die Empfindlichkeit des Empfangsbauelements kaum reduziert ist.

Eine diffraktive Linse ist dabei eine Linse, deren strahlformende Wirkung über Interferenz unterschiedlicher Lichtanteile bewirkt wird, nicht dagegen durch Lichtbrechung wie bei refraktiven Linsen. Diffraktive Linsen sind insbesondere Fresnel-Linsen sowie holographische Linsen. Bei

einer Fresnel-Linse sind in benachbarten Zonen Ringe vorgesehen, deren Abstand bei gleicher Gesamtfläche nach außen hin abnimmt. Eine solche Linse wird auch als „Fresnelsche Zonenplatte“ bezeichnet. Solche Linsen sind dem Fachmann bekannt, so dass auf sie nicht weiter eingegangen wird.

Das vom Sendebaulement ausgestrahlte Licht durchstrahlt das Empfangsbaulement in der Zwischenebene. Sofern das Empfangsbaulement unempfindlich und transparent für die ausgesandte Wellenlänge des Sendebaulementes ist, wird das Empfangsbaulement ohne weitere Maßnahmen von der Strahlung des Sendebaulementes durchdrungen.

Sofern das Substrat des Empfangsbaulementes zwar transparent für die Senderstrahlung ist, die Empfangsfläche (der aktive Bereich) des Empfangsbaulementes diese Strahlung jedoch absorbiert und/oder empfindlich für sie ist, wird bevorzugt ein Bereich kleinen Durchmessers in der Empfangsfläche des Empfangsbaulementes freigehalten für den Strahlungsdurchtritt des darunter liegenden Sendebaulementes.

Sofern das Substrat des Empfangsbaulementes nicht transparent für die Strahlung des Sendebaulementes ist, so wird bevorzugt eine kleine Öffnung in dem Empfangsbaulement ausgebildet, durch den das vom Sendebaulement ausgestrahlte Licht tritt.

In beiden vorgenannten Fällen können das Sendebaulement und das Empfangsbaulement derart zueinander verschoben sein, dass das Bild des Sendebaulements nicht in der Mitte, sondern in einem seitlichen Bereich des Empfangsbaulements liegt. Wichtig ist allein, dass das Bild des Sendebaulements in der Zwischenebene innerhalb der durch das zweite Abbildungssystem abgebildeten Stirnfläche des



Lichtwellenleiters liegt, damit sichergestellt ist, dass das ausgesandte Licht in den Lichtwellenleiter eingekoppelt wird.

Des weiteren kann auch vorgesehen sein, dass der Bereich, den  
5 das Licht des Sendebauelements in der Zwischenebene durchstrahlt, seitlich des Empfangsbauelements liegt, wobei letzteres gegenüber dem Sendebauelement verschoben ist bzw. eine reduzierte Fläche aufweist. Auch in diesem Fall liegt  
10 das Bild des Sendebauelements in der Zwischenebene aber innerhalb der durch das zweite Abbildungssystem abgebildeten Stirnfläche des Lichtwellenleiters.

In einer bevorzugten Ausbildung der Erfindung ist das erste  
Abbildungssystem auf der einen Seite eines Substrats  
15 ausgebildet, an deren gegenüberliegenden Seite das Empfangsbauelement angeordnet oder ausgebildet ist. Hierdurch entsteht eine kompakte, leicht zu justierende Anordnung.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung sind das  
20 Sendebauelement, das erste Abbildungssystem und das Empfangsbauelement mit einem transparenten Kunststoffverguss vergossen, der das zweite Abbildungssystem ausbildet. Der Kunststoffverguss bildet dabei bevorzugt zusätzlich einen Ankoppelbereich für einen Lichtwellenleiter ausbildet. Auf  
25 diese Weise entsteht eine kompakte Anordnung mit geschützten Komponenten und einem geschützten Strahlengang.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die  
Figuren der Zeichnungen anhand mehrerer Ausführungsbeispiele  
30 näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1     schematisch den grundlegenden Aufbau einer  
              bidirektionale Sende- und Empfangseinrichtung mit  
              einem bidirektionalen Strahlengang und zwei  
35             hintereinander angeordneten Abbildungssystemen;

Figur 2 eine bidirektionale Sende- und Empfangseinrichtung, bei der in Abwandlung zu der Einrichtung der Figur 1 das eine Abbildungssystem als Fresnel-Linse ausgebildet ist, die das Licht für verschiedene Wellenlängen unterschiedlich fokussiert;

Figur 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer bidirektionalen Sende- und Empfangseinrichtung mit einer Fresnel-Linse, bei der das Empfangsbaulement in einem anderen Fokus der Fresnel-Linse angeordnet ist als in der Figur 2;

Figur 4 ein Empfangsbaulement einer bidirektionalen Sende- und Empfangseinrichtung gemäß den Figuren 1 bis 3, wobei das Empfangsbaulement einen freigehaltenen, nicht aktiven Bereich aufweist;

Figur 5 ein Empfangsbaulement gemäß Figur 4, wobei zusätzlich das Bild der Stirnfläche einer Lichtleitfaser in der Ebene des Empfangsbaulements dargestellt ist;

Figur 6 ein alternatives Ausführungsbeispiel eines Empfangsbaulementes einer bidirektionalen Sende- und Empfangseinrichtung gemäß den Figuren 1 bis 3, bei der das Empfangsbaulement einseitig verkürzt ist, so dass von einem Sendebaulement ausgestrahltes Licht seitlich an dem Empfangsbaulement vorbeistrahlt;

Figur 7 einen ersten Modulaufbau für eine bidirektionale Sende- und Empfangseinrichtung, bei der das erste Abbildungssystem als planare Linse ausgeführt ist, auf deren Rückseite das Empfangsbaulement angeordnet ist;

Figur 8 ein Modul gemäß Figur 7, bei dem das erste Abbildungssystem rückseitig in das Substrat des Empfangsbauelementes integriert ist;

5 Figur 9 eine weitere Variante des Moduls der Figur 7, bei dem das Empfangsbauelement eine Aussparung aufweist;

10 Figur 10 eine weitere Ausgestaltung einer bidirektionalen Sende- und Empfangseinrichtung, bei der das von einem Sendebauelement ausgestrahlte Licht in einer Zwischenebene seitlich an einem Empfangsbauelement vorbeistrahlt;

15 Figur 11 eine Modulanordnung, bei der das Sendebauelement direkt auf die Rückseite eines Linsensubstrats montiert und das Empfangsbauelement überhängend dicht neben dem Fokus der Sendestrahlung angeordnet sind;

20 Figur 12 eine komplette Modulanordnung für eine bidirektionale Datenübertragung mit einem Leadframe, einem Sendebauelement, einem Empfangsbauelement, einem ersten und einem zweiten Abbildungssystem und einem Lichtwellenleiter:

Figur 13 eine weitere komplette Modulanordnung, bei der das eine Abbildungssystem als Fresnel-Linse ausgebildet ist.

30 Die Figur 1 zeigt schematisch den grundsätzlichen Aufbau einer bidirektionalen Sende- und Empfangseinrichtung. Entlang der optischen Achse 7 der Einrichtung sind hintereinander ein Sendebauelement 1, ein erstes Abbildungssystem 2, in einer  
35 Zwischenebene 3 ein Empfangsbauelement 4, ein zweites Abbildungssystem 5 und eine Lichtleitfaser 6 angeordnet.

Das erste Abbildungssystem ist im dargestellten Ausführungsbeispiel in Form einer refraktiven Linse 2 ausgebildet und bildet das Sendebauelement 1 bzw. dessen Abstrahlfläche auf die Zwischenebene 3 ab. Das vom  
5 Sendebauelement 1 in die Zwischenebene 3 abgebildete Licht wird durch das zweite Abbildungssystem, das ebenfalls im dargestellten Ausführungsbeispiel die Form einer refraktiven Linse besitzt, auf die Stirnfläche 61 der Lichtleitfaser abgebildet. Das aus der Stirnfläche 61 des Lichtwellenleiters  
10 austretende Licht wird über das zweite Abbildungssystem 5 auf das in der Zwischenebene 3 angeordnete Empfangsbauelement 4 abgebildet.

Dabei ist vorgesehen, dass die Bildebene für das abgebildete  
15 Licht von der Stirnfläche 61 des Lichtwellenleiters 6 gleich der Zwischenebene 3 ist, in die das Licht des Sendebauelements 1 durch das erste Abbildungssystem 2 abgebildet wird. Hierdurch wird gewährleistet, dass die Abstrahlfläche des Sendebauelementes 1 fokussiert in einen  
20 vergleichsweise kleinen Teilbereich der Stirnfläche 61 des Lichtwellenleiters eingekoppelt wird. Dagegen wird das über die gesamte Stirnfläche des Lichtwellenleiters 6 verteilte, zu empfangende Licht auf die Empfangsfläche des Empfangsbauelementes 4 in der Zwischenebene 3 abgebildet.  
25 Dementsprechend ist die durch das zweite Abbildungssystem 5 abgebildete Stirnfläche 61 des Lichtwellenleiters 6 in der Zwischenebene 3 größer als das Bild des Sendebauelementes 1.

Die in die Zwischenebene 3 abgebildete Stirnfläche 61 des  
30 Lichtwellenleiters 6 ist in der Figur 1 mit A gekennzeichnet. Die Empfangsfläche des Empfangsbauelements 4 ist bevorzugt mindestens so groß wie das Bild A der Stirnfläche 61 in der Zwischenebene 3, damit das vom Lichtwellenleiter 6 ausgesandte Licht vollständig detektiert wird.

35

Das vom Sendebauelement 1 ausgesandte Licht durchstrahlt die Zwischenebene 3 von hinten und tritt von hinten durch das

Empfangsbauelement 4 hindurch oder strahlt seitlich an diesem vorbei, wie anhand der weiteren Ausführungsbeispiele noch näher erläutert werden wird.

- 5 Der Lichtwellenleiter 6 weist beispielsweise einen Durchmesser von gleich oder größer als  $50\mu\text{m}$  auf, insbesondere einen Durchmesser zwischen  $200\mu\text{m}$  und  $1\text{ mm}$ . Es handelt sich beispielsweise um einen POF (Plastic Optical Fiber) Wellenleiter. Bei Verwendung eines kantenemittierenden Lasers
- 10 (ggf. mit Umlenkoptik) beträgt die Abstrahlfläche des Sendebau-  
elementes ca.  $1\mu\text{m}$ . Die Größe des Empfangsbauelementes liegt dann beispielsweise bei  $80$  bis  $100\mu\text{m}$ . Bei Verwendung einer VCSEL als Laserdiode weist die Abstrahlfläche in der Regel einen Durchmesser von  $4$  bis  $5\mu\text{m}$
- 15 für einmodige Laser und von  $15\mu\text{m}$  für mehrmodige Laser auf. Bei der Einkopplung von Licht in Polymerfasern können die Sendebau-  
elemente auch noch größer ausgebildet sein.

- Dabei ist durchaus möglich, dass das erste Abbildungssystem 2
- 20 eine vergrößernde oder auch verkleinernde Abbildung bereitstellt. Hierdurch kann beispielsweise vorgesehen sein, dass eine relativ große Empfangsfläche eines mehrmodigen VCSEL von  $15\mu\text{m}$  auf eine kleinere Fläche im Bereich der Zwischenebene 3 abgebildet wird. Auf diese Weise wird der
- 25 nicht nutzbare Bereich des Empfangsbauelementes 4 reduziert. Auch das erste Abbildungssystem 5 kann eine vergrößerte oder verkleinerte Abbildung bereitstellen.

- Die Figur 2 zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel, bei
- 30 der das zweite Abbildungssystem 5' als Fresnel-Linse ausgebildet ist. Die Brennweite einer Fresnel-Linse ist stark abhängig von der Wellenlänge der durchtretenden Strahlung. Bei der Figur 2 besitzt das Sendebau-  
element 1 eine kürzere Wellenlänge (z.B.  $850\mu\text{m}$ ) als das vom Empfangsbauelement 4
- 35 detektierte Licht. Aufgrund dessen größerer Wellenlänge (z.B.  $1300\mu\text{m}$ ) wird die Strahlung im Punkt B1 eher fokussiert und läuft dann wieder auseinander. Das Empfangsbauelement 4

befindet sich der Ebene des Fokus B2 der kurzwelligeren Strahlung des Sendebau-elementes 1. Es ist dabei ausreichend groß, um die schon etwas aufgeweitete Strahlung aus dem Lichtwellenleiter 6 nahezu vollständig zu detektieren.

5

Figur 3 zeigt den umgekehrten Fall, bei dem das Sendebau-element 1 die längerwellige Strahlung abgibt. Das Empfangsbau-element 4 ist in der Zwischenebene 3 angeordnet, in der der Fokus B1 des zweiten Abbildungssystems 5' für die längerwelligen Strahlung liegt. In dieser Abbildungsebene bzw. der Zwischenebene 3 ist die Strahlung aus dem Lichtwellenleiter 6 mit der kürzeren Wellenlänge noch nicht fokussiert, fällt dementsprechend großflächig auf den Detektor 4.

15

Die in den Figuren 2 und 3 dargestellten Anordnungen können sehr gut auch in Kombination mit Lichtwellenleitern kleinen Durchmessers wie Single-Mode-Wellenleiter eingesetzt werden, da über die Anordnung des Empfangsbau-elementes 4 außerhalb der Fokus der zu detektierenden Strahlung ein vergrößerter Detektionsbereich bereitgestellt wird und somit das Bild des Sendebau-elementes 1 in der Zwischenebene 3 nach wie vor klein ist im Vergleich zur Empfangsfläche des Empfangsbau-elementes 4. Wichtig ist dabei, dass der Fokus des zweiten Abbildungssystems 5' für die vom Sendebau-element 1 ausgesandte Strahlung in der Zwischenebene 3 liegt.

25

Es wird noch auf folgendes hingewiesen. Die Stirnfläche 61 des Lichtwellenleiters 6 ist in einem Abstand von der diffraktiven bzw. Fresnel-Linse 5' angeordnet, dass das von der Stirnfläche 61 austretende Licht durch die diffraktive Linse 5' gebündelt wird. Der wellenlängenabhängige Brennpunkt wird als Fokus B1, B2 bezeichnet. Der Begriff Fokus wird also zur Bezeichnung des Ortes bzw. des Abstandes von der Fresnel-Linse 5' verwendet, in dem das vom Lichtwellenleiter 6 ausgesandte Licht fokussiert wird bzw. in dem das Bild des Sendebau-element 1 liegt, damit dessen Licht auf den

30

35

Lichtwellenleiter 6 abgebildet wird. Der Fokus ist der Ort der scharfen Abbildung. Als Fokus wird somit keinesfalls nur ein Punkt bzw. Abstand bezeichnet, in dem paralleles Licht durch eine Linse fokussiert wird.

5

In den weiteren Figuren sind verschiedene Detektoranordnungen dargestellt. Gemäß Figur 4 ist ein Empfangsbauelement als Photodiode 4 mit einer lichtempfindlichen aktiven Empfangsfläche 41 dargestellt. Wenn zwar das Substrat der Photodiode 4 transparent für die Sendestrahlung des Sendebauelements ist, aber die Empfangsfläche 41 der Photodiode 4 diese Strahlung absorbiert und/oder empfindlich für sie ist, ist gemäß Figur 4 ein Bereich 42 kleinen Durchmessers in der Detektorfläche 41 für den Strahlungsdurchtritt freigehalten. Dies erfolgt beispielsweise durch selektive Entfernung des aktiven Materials mit Hilfe von Ätzung in diesem Bereich 42. Die freigelegten Schichten der Diode werden nach der Freilegung in bekannter Weise passiviert, um eine Alterungsstabilität zu garantieren.

20

Sofern das Substrat der Photodiode 4 nicht transparent für die Strahlung des Sendebauelements 1 ist, so kann von der Rückseite der Photodiode 4 selektiv eine Öffnung geätzt werden, durch die die Strahlung durchtreten kann. Ein Vorteil bei einem nicht transparenten Substrat besteht darin, dass das Empfangsbauelement weniger durch Streulicht beeinflusst wird.

25

Figur 5 zeigt zusätzlich das Bild 61' der Stirnfläche 61 des Lichtwellenleiters 6 auf der Photodiode 4, welches durch das zweite Abbildungssystem 5, 5' in die Zwischenebene 3 abgebildet wird. Der freigehaltene Bereich 42, durch den das Licht des Sendebauelements strahlt, liegt dabei innerhalb des Bildes 61' der Stirnfläche 61.

35

Der freigehaltene Bereich 42 ist relativ klein im Vergleich zu der Empfangsfläche 41. Beispielsweise weist der freigehaltene Bereich 42 einen Durchmesser von 40  $\mu\text{m}$  auf, während der Durchmesser der Empfangsfläche 41 bei 200  $\mu\text{m}$  liegt. Dies entspricht 4 Prozent. Dadurch liegt eine nur geringe Einbuße an Empfindlichkeit vor.

Gemäß der Ausgestaltung der Figur 6 ist die Photodiode 4a mit Empfangsfläche 41a benachbart dem Fokus 1' der Strahlung des Sendebauelements 1 in der Zwischenebene 3 angeordnet, so dass das ausgesandte Licht am Empfangsbauelement 4a vorbeistrahlt. Das Bild 61' der Stirnfläche 61 des Lichtwellenleiters 6 auf der Photodiode 4a, welches durch das zweite Abbildungssystem in die Zwischenebene 3 abgebildet wird, ist ebenfalls dargestellt. Es ist zu erkennen, dass das Bild 1' des Sendebauelements 1 innerhalb des Bilds 61' der Stirnfläche 61 des Lichtwellenleiters 6 liegt. In dieser Ausführungsvariante ist die nicht durch das Empfangsbauelement 4a abgedeckte Fläche des Bilds 61' des Lichtwellenleiters deutlich größer als bei den Ausgestaltungen der Figuren 4 und 5, so dass die Empfindlichkeit etwas schlechter ist. Es liegt jedoch eine deutlich einfacher herzustellende Photodiode vor.

Die Figuren 7 bis 11 zeigen verschiedene kompakte Anordnungen von Sendebauelement 1, erstem Abbildungssystem 2 und Empfangsbauelement 4. Als Sendebauelement 1 ist immer ein VCSEL dargestellt, der auf eine Fotodiode 8 als Monitordiode montiert ist. Es kann statt dessen aber z.B. auch ein kantenemittierender Laser mit einer 90° Strahlumlenkung eingesetzt werden.

Bei der Figur 7 ist eine in einem Substrat 20 ausgebildete planare Linse 2 in definiertem Abstand über dem Sender 1 montiert. Hierzu ist ein Abstandhalter 10 vorgesehen. Sender 1 und Monitordiode 8 sind auf einem Träger 9 angeordnet. Auf der Rückseite der Linse 2 ist das Empfangsbauelement 4 derart angeordnet, dass der Fokus des Senders 1 in dem



15

freigehaltenen Bereich 42 der Empfangsfläche 41 zu liegen kommt, vgl. Figuren 4 und 5. Das Substrat des Empfangsbauelements 4 ist im Wesentlichen transparent und wird durchstrahlt.

5

Bei der Figur 8 ist die Abbildungslinse 2, die das erste Abbildungssystem bildet, rückseitig in das Substrat 40 des Empfangsbauelements 4 integriert.

10- Bei der Figur 9 weist das Empfangsbauelement 4 einen freigearbeiteten Bereich 43 zur Durchstrahlung des Substrates auf. Das Substrat des Empfangsbauelements ist bei dieser Ausgestaltung nicht transparent für das ausgestrahlte Licht.

15 In der Figur 10 ist das Empfangsbauelement 4 seitlich dicht neben dem Fokus B des Sendelichtes positioniert, so dass das Sendelicht seitlich an dem Empfangsbauelement vorbeistrahlt.

In der Figur 11 sind der Sender 1 und die Monitordiode 8  
20 direkt auf der Unterseite eines Linsensubstrats 20 montiert. Die gegenüberliegende Seite des Linsensubstrats 20 bildet die refraktive Linse 2 aus. Das Empfangsbauelement 4 ist über einen Abstandhalter 10 in definiertem Abstand überhängend dicht neben dem Fokus B der Sendestrahlung angebracht.

25 Darüberhinaus ist auf dem Empfangsbauelement ein Filter 11 zur Blockierung reflektierter Sendestrahlung montiert. Alternativ kann das wellenlängenselektive Filter 11 natürlich auch direkt auf die empfindliche Fläche des Empfangsbauelements 4 aufgebracht werden.

30

Die Figur 12 zeigt eine komplette Modulanordnung für die bidirektionale Übertragung. Auf einem Leadframe 12 ist eine der in den vorangehenden Figuren beschriebenen Anordnungen montiert und elektrisch kontaktiert (nicht gesondert

35 dargestellt). Weiterhin können auf dem Leadframe 9 auch elektronische Bauelemente wie Treiber für das Sendebauelement 1 und/oder Verstärker für das Empfangsbauelement 4 montiert

sein. Diese Einheit ist mit einem Kunststoff 13 umgeben, der für die verwendeten Wellenlängen transparent ist. Oberhalb der Baugruppe ist der Kunststoff zu einer Linse 5 ausgeformt, die ein zweites Abbildungssystem bereitstellt und Abbildung auf den Wellenleiter 6 realisiert. Weiterhin ist in dem Kunststoff 13 eine Führungsaufnahme 13a für den Wellenleiter 6 mit ausgebildet. Das Licht des Sendebauelements 1 wird auf einen Bereich des Kerns 62 des Lichtwellenleiters 6 abgebildet.

Die Strahlung des Sendebauelements 1 wird in dem dargestellten Ausführungsbeispiel versetzt zur optischen Achse 7 der Abbildung auf die Stirnfläche 61 der Faser 6 abgebildet. Dieses hat unter anderem den Vorteil, dass die Rückwirkungen der Strahlung auf das Sendebauelement 1 gering gehalten werden können. Für die Einkopplung des Lichts in den Lichtwellenleiter 6 hat die versetzte Abbildung keine Bedeutung.

Die Figur 13 zeigt einen zentrischen Strahlengang mit einer Fresnel-Linse 5', der auch für eine Einkopplung in eine Einmodenfaser 6 geeignet ist. Die Abbildung in den Wellenleiter 6 erfolgt über die Fresnel-Linse 5'. Aufgrund der wellenlängenabhängigen Abbildungseigenschaft der Fresnel-Linse 5' wird die Wellenlänge des Sendebauelements 1 direkt mit hoher Koppelleffizienz in den Wellenleiter 6 eingekoppelt und gleichzeitig die Strahlung längerer Wellenlänge aufgrund der anderen Fokusslage aufgeweitet auf die großflächige Empfangsfläche des Empfangsbauelements 4 abgebildet.

Ein Träger 14 trägt die Einheit aus Sendebauelement 1, erstem Abbildungssystem 2 und Empfangsbauelement 4 sowie die Fresnel-Linse 5'. Dazu sind drei Bereiche 14a, 14b, 14c des Trägers 14 vorgesehen. In den ersten Bereich 14a wird die Einheit aus Sendebauelement 1, erstem Abbildungssystem 2 und Empfangsbauelement 4 eingesetzt. Der Übergang zwischen dem ersten Bereich 14a und dem zweiten Bereich 14b dient als

17

Anschlag für die Fresnel-Linse 5'. Der dritte Bereich 14c dient der Aufnahme eines Lichtwellenleiters 6, der beispielsweise als Stiftstummel ausgebildet ist, der an seinem nicht dargestellten Ende einen Stecker zur Verbindung mit einer Lichtleitfaser aufweist.

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf die vorstehend dargestellten Ausführungsbeispiele. Wesentlich für die Erfindung ist allein, dass das vom Sendebau-  
10. ausgestrahlte Licht mittels eines ersten Abbildungssystems in eine Zwischenebene abgebildet wird, in der sich das Empfangsbau-  
Empfangsbau-  
Abbildungssystems erfolgt eine Kopplung mit einem  
Lichtwellenleiter.

15

## Patentansprüche

1. Bidirektionale Sende- und Empfangseinrichtung mit
- einem Sendebauelement (1) mit einer Abstrahlfläche
  - 5 einer ersten Größe,
  - einem Empfangsbauelement (4) mit einer Empfangsfläche einer zweiten Größe, und
  - einer Koppeloptik (2; 5, 5') zur Kopplung von Licht zwischen dem Sendebauelement (1) und dem
  - 10 Empfangsbauelement (4) einerseits und einem ... .. anzukoppelnden Lichtwellenleiter (6) andererseits,

dadurch gekennzeichnet,

- 15 dass die Koppeloptik zwei hintereinander angeordnete Abbildungssysteme (2; 5, 5') aufweist derart, dass
- das vom Sendebauelement (1) ausgestrahlte Licht mittels des ersten Abbildungssystems (2) in eine Zwischenebene (3) abgebildet wird, in der sich das Empfangsbauelement
  - 20 (4) befindet, und dabei das Empfangsbauelement (4) durchstrahlt oder dieses seitlich passiert, und
  - mittels des zweiten Abbildungssystems (5, 5') zum einen das vom Sendebauelement (1) ausgestrahlte Licht von der Zwischenebene (3) auf die Stirnfläche (61) des Lichtwellenleiters (6) und zum anderen das vom Lichtwellenleiter (6) abgestrahlte Licht auf die Empfangsfläche (41) des Empfangsbauelements (4) abgebildet wird.

- 30 2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Abbildungssystem (5, 5') derart in Bezug auf das erste Abbildungssystem (2) angeordnet ist, dass die Bildebene für das abgebildete Licht von der Stirnfläche (61) des
- 35 Lichtwellenleiters (6) in der gleichen Ebene (3) wie die Zwischenebene (3) des ersten Abbildungssystems (2) liegt.

3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Bild (1') des Sendebauelements (1) in der Zwischenebene (3) innerhalb der durch das zweite Abbildungssystem (5, 5')  
5 abgebildeten Stirnfläche (61) des Lichtwellenleiters (6) liegt.
4. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das  
10 vom Sendebauelement (1) ausgestrahlte Licht in einen vergleichsweise kleinen Teilbereich der Stirnfläche (61) des Lichtwellenleiters (6) eingekoppelt wird, während das über die gesamte Stirnfläche (61) des Lichtwellenleiters (6) verteilte zu empfangende Licht auf die Empfangsfläche  
15 (41) des Empfangsbauelements (4) abgebildet wird.
5. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bild (1') des Sendebauelements (1) in der Zwischenebene  
20 (3) kleiner ist als ein Drittel der Empfangsfläche (41) des Empfangsbauelements (4).
6. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und/oder das zweite Abbildungssystem (2; 5, 5') eine vergrößerte oder verkleinerte Abbildung bereitstellen.
7. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden  
30 Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Abbildungssystem eine diffraktive Linse (5') aufweist, die Licht unterschiedlicher Wellenlängen unterschiedlich fokussiert, wobei die Zwischenebene (3), in die das Licht des Sendebauelements (1) abgebildet  
35 wird, für die ausgestrahlte Wellenlänge im Fokus (B1, B2) der diffraktiven Linse (5') liegt, so dass das vom Sendebauelement (1) ausgestrahlte Licht auf die

Stirnfläche (61) des Lichtwellenleiters (6) abgebildet wird, während das Empfangsbauelement (4) für die empfangene Wellenlänge außerhalb des Fokus der diffraktiven Linse (5') liegt und vom Lichtwellenleiter (6) abgestrahltes Licht der zweiten Wellenlänge in einem wieder aufgeweiteten oder noch nicht fokussierten Bereich erfasst.

8. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Empfangsbauelement (4) transparent für die vom Sendebauelement ausgestrahlte Wellenlänge ist.

9. Einrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangsfläche (41) des Empfangsbauelements einen nicht aktiven Bereich (42) umfasst, durch den das vom Sendebauelement (1) ausgestrahlte Licht tritt.

10. Einrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Empfangsbauelement (4) eine Aussparung (43) vergleichsweise kleiner Fläche aufweist, durch die das vom Sendebauelement (1) ausgestrahlte Licht tritt.

11. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Abbildungssystem (2) auf der einen Seite eines Substrats (20, 40) ausgebildet ist, an deren gegenüberliegenden Seite das Empfangsbauelement (4) angeordnet oder ausgebildet ist.

12. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Sendebauelement (1), das erste Abbildungssystem (2) und das Empfangsbauelement (4) mit einem transparenten

Kunststoffverguss (13) vergossen sind, der das zweite Abbildungssystem (5') ausbildet.

13. Einrichtung nach Anspruch 12, dadurch  
5 gekennzeichnet, dass der Kunststoffverguss (13)  
zusätzlich einen Ankoppelbereich (13a) für einen  
Lichtwellenleiter (6) ausbildet.

## Zusammenfassung

5 Bezeichnung der Erfindung: Bidirektionale Sende- und Empfangseinrichtung.

10 Bidirektionale Sende- und Empfangseinrichtung mit einem Sendebau-  
element (1) mit einer Abstrahlfläche einer ersten Größe, einem Empfangsbau-  
element (4) mit einer Empfangsfläche (41) einer zweiten Größe, und einer Koppeloptik (2; 5) zur  
Kopplung von Licht zwischen dem Sendebau-  
element (1) und dem Empfangsbau-  
element (4) einerseits und einem anzukoppelnden Lichtwellenleiter (6) andererseits. Erfindungsgemäss weist  
15 die Koppeloptik zwei hintereinander angeordnete Abbildungssysteme (2; 5) aufweist derart, dass das vom  
Sendebau-  
element (1) ausgestrahlte Licht mittels des ersten Abbildungssystems (2) in eine Zwischenebene (3) abgebildet  
wird, in der sich das Empfangsbau-  
element (4) befindet, und dabei das Empfangsbau-  
element (4) durchstrahlt oder dieses  
20 seitlich passiert, und mittels des zweiten Abbildungssystems (5) zum einen das vom Sendebau-  
element (1) ausgestrahlte Licht von der Zwischenebene (3) auf die Stirnfläche (61) des  
Lichtwellenleiters (6) und zum anderen das vom  
Lichtwellenleiter (6) abgestrahlte Licht auf die  
25 Empfangsfläche (41) des Empfangsbau-  
elements (4) abgebildet wird.

Fig. 1



FIG 1

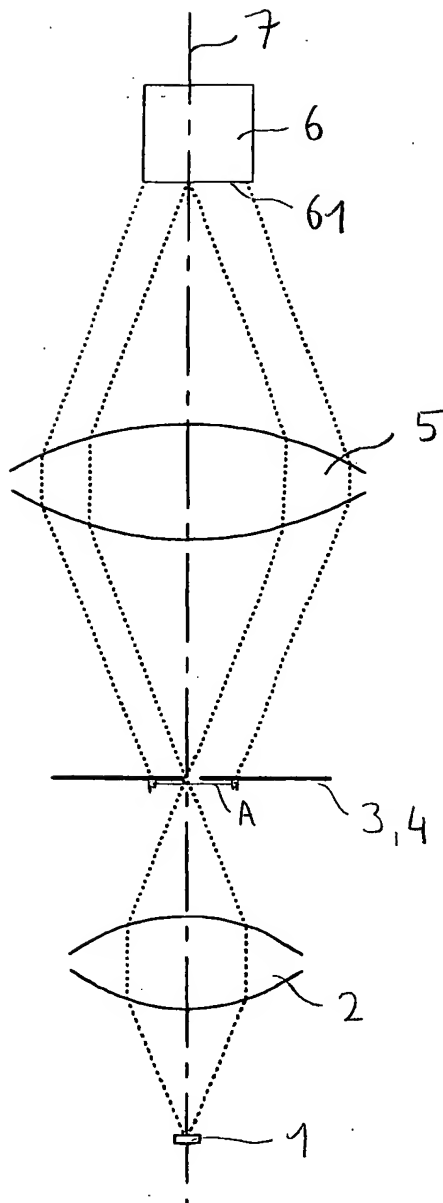


FIG 2

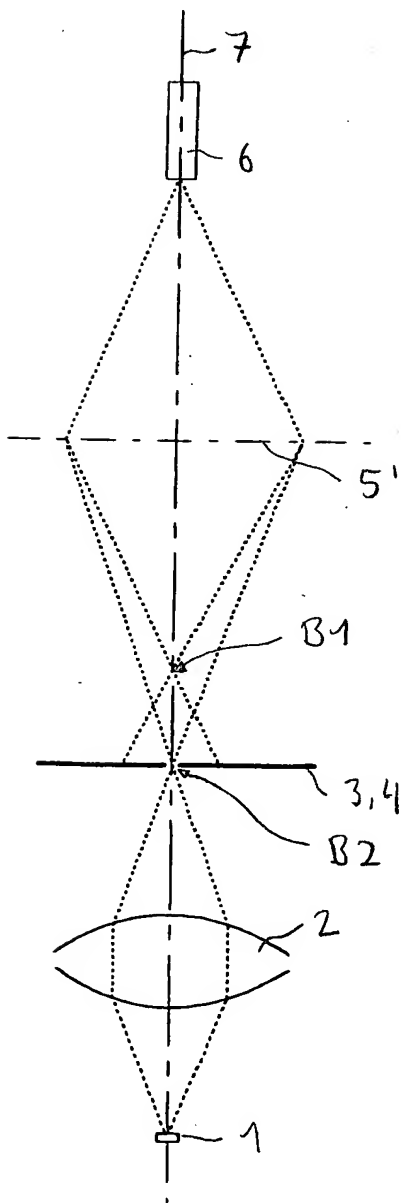


FIG 3

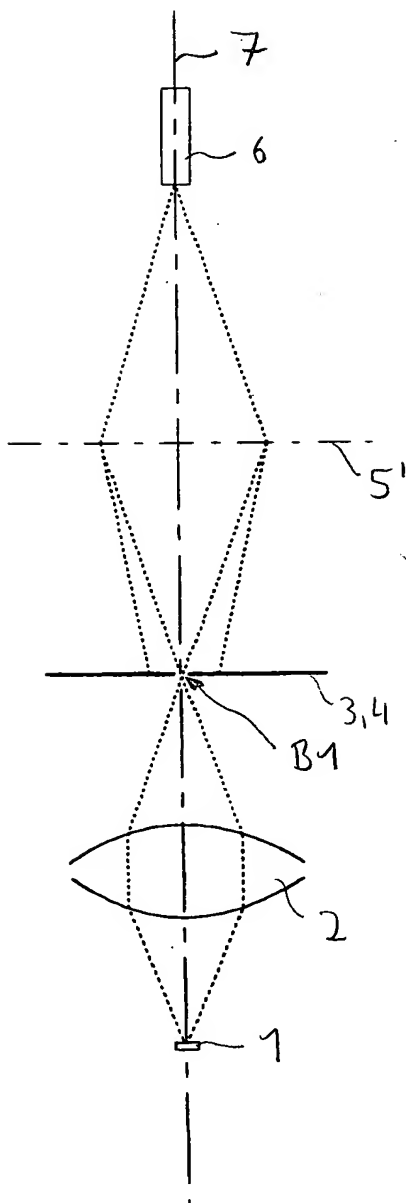


FIG 4

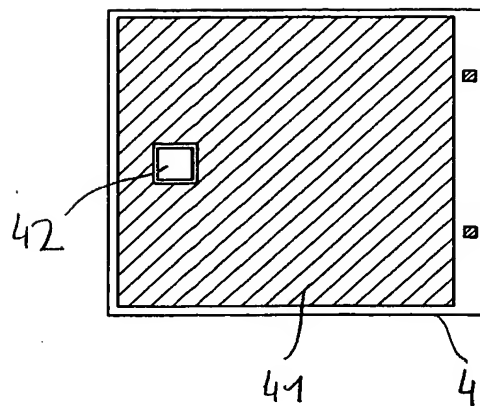


FIG 5

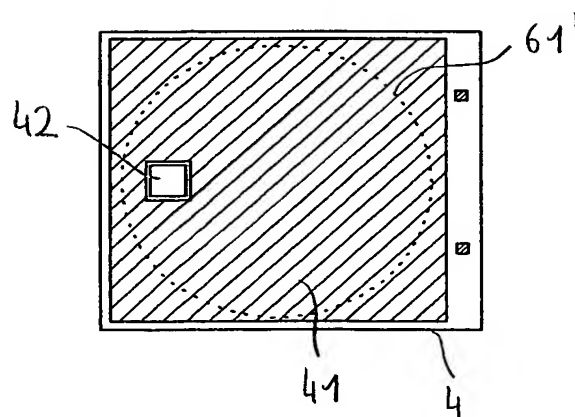


FIG 6

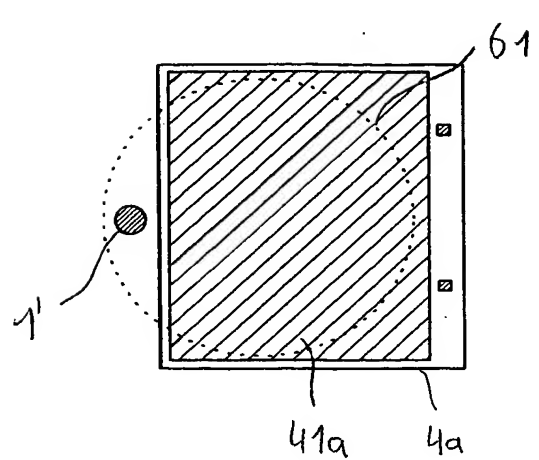


FIG 7

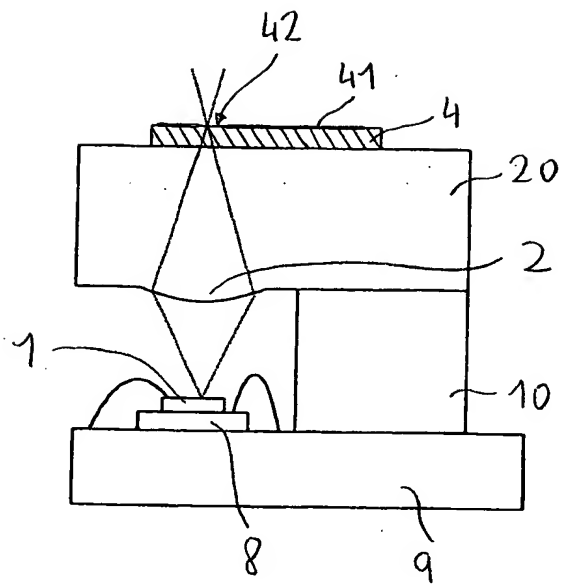


FIG 8

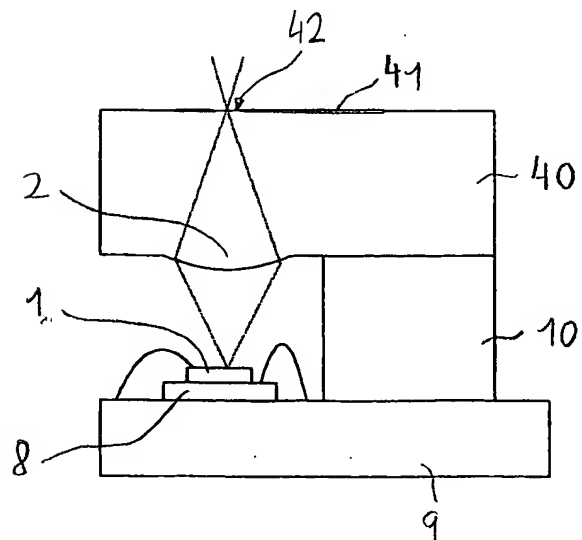


FIG 9

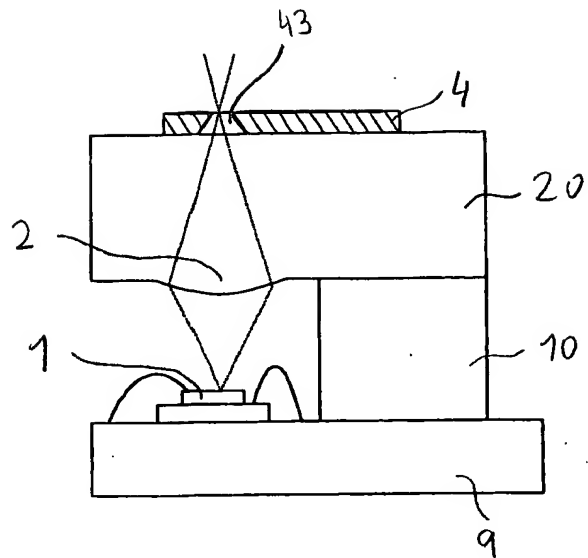


FIG 10

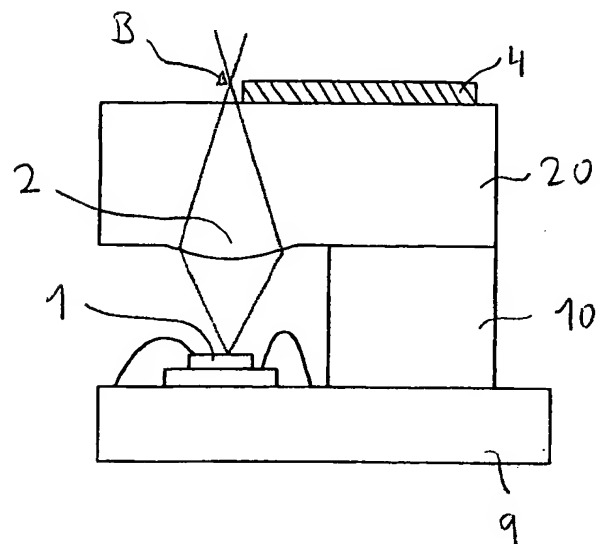


FIG 11

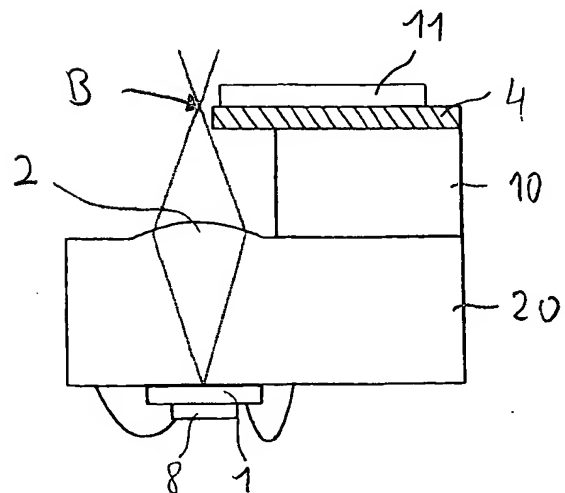


FIG 12

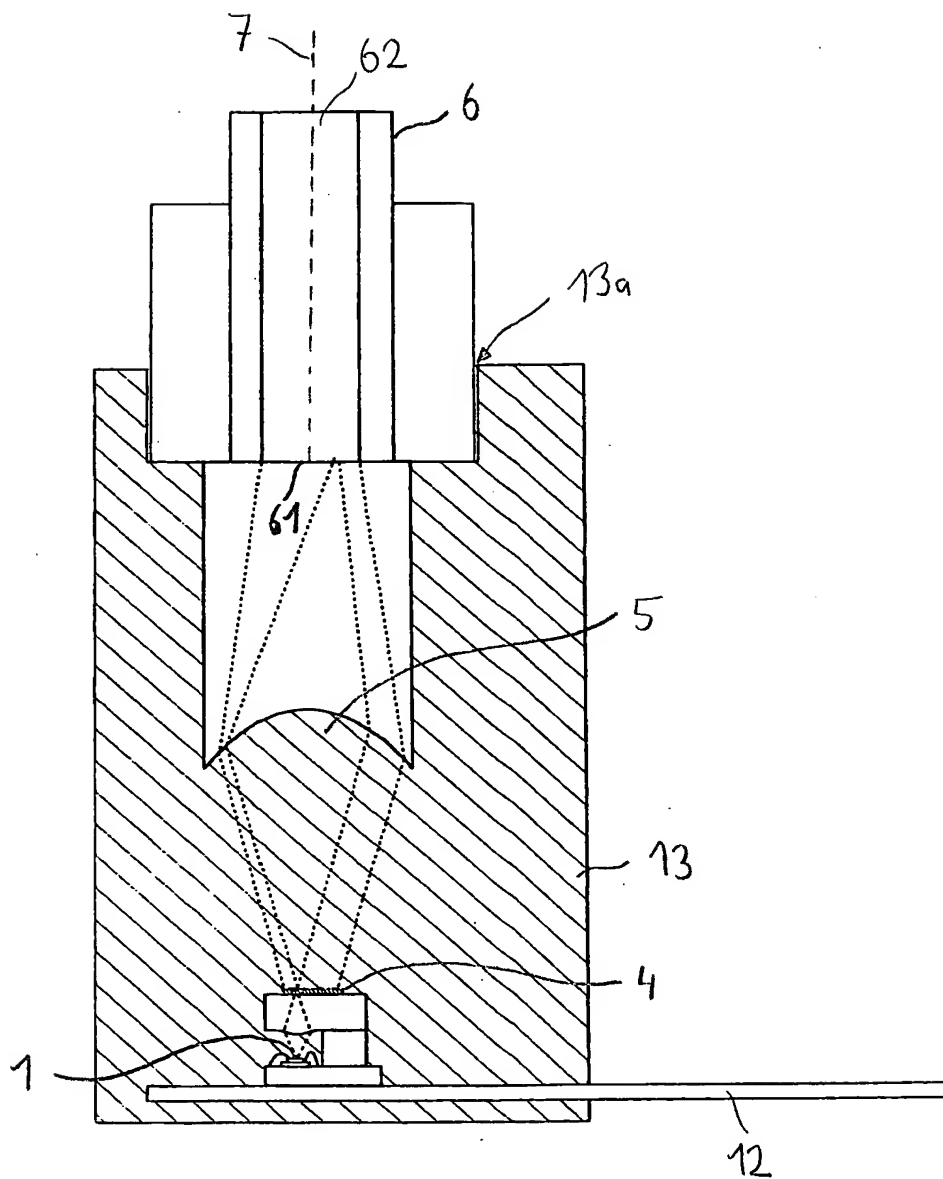


FIG 13

